

Systèmes d'antennes RFID fixes pour l'identification des porcs

Frank Burose¹, Tim Anliker¹, Daniel Herd², Thomas Jungbluth² et Michael Zähler¹

¹Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8356 Ettenhausen

²Université de Hohenheim, Institut de technique agricole, D-70593 Stuttgart

Renseignements: Michael Zähler, e-mail: michael.zaehner@art.admin.ch, tél: +41 52 368 33 13

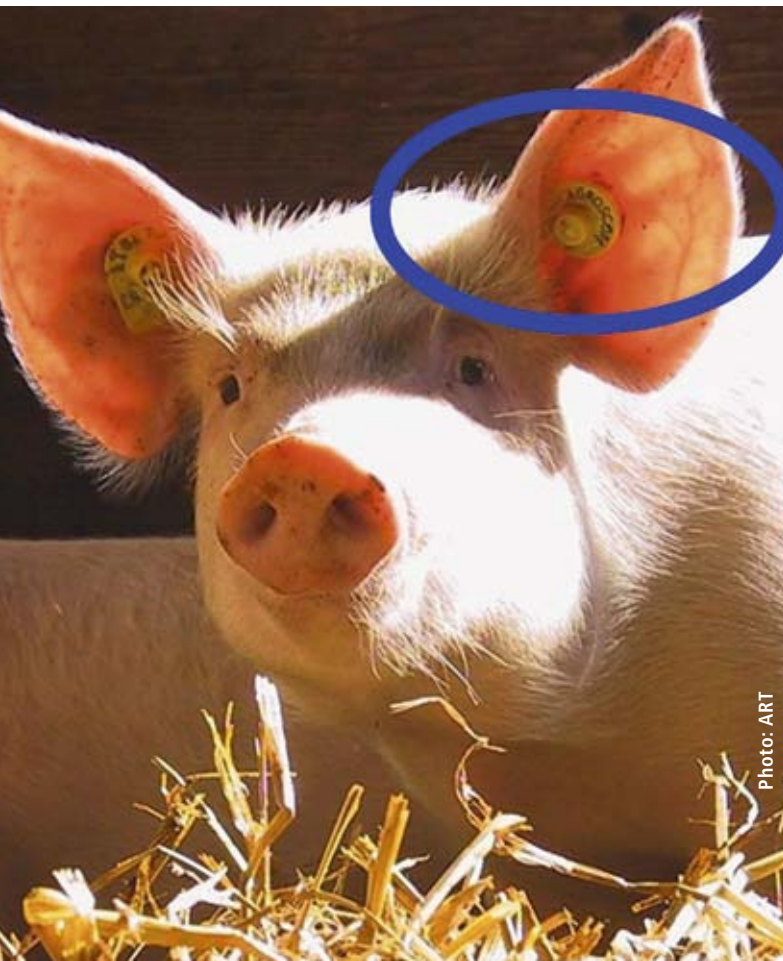


Photo: ART

Porcelet sevré avec une marque auriculaire électronique.

Introduction

L'identification actuelle officielle des porcs en Suisse à l'aide de la marque auriculaire en plastique jaune n'est pas spécifique à l'animal. Le numéro à quatre chiffres sur la partie mâle de la marque revient périodiquement. Par conséquent, il n'est pas possible d'enregistrer les porcs individuellement sans recourir à l'électronique. Or, il est indispensable de pouvoir identifier les porcs individuel-

lement car ils sont détenus, transportés, déchargés et anesthésiés en groupe. La technique utilisée actuellement pour l'identification électronique des animaux à l'aide de marques auriculaires ISO permet certes l'identification automatique d'un animal, mais pas de l'isoler dans un groupe. Pour des raisons techniques, seul un transpondeur peut être enregistré jusqu'à présent dans le champ de lecture.

Afin de pouvoir enregistrer plusieurs transpondeurs dans un champ de lecture donné, un procédé anti-collision a été développé. Avec ce système, les transpondeurs transmettent leur code à des intervalles de temps aléatoires et ne se «gênent» pas les uns les autres (Finkenzeller 2006). Le champ de lecture d'une antenne peut identifier au maximum une centaine de transpondeurs à la fois, pratiquement en même temps. L'algorithme anti-collision des transpondeurs est basé sur le «tag talk only-System», c'est-à-dire que les transpondeurs n'émettent que leur propre code.

L'essai avait pour but:

- de développer un système d'identification électronique des animaux permettant de repérer automatiquement un individu dans un groupe
- de développer et de tester la fiabilité des marques auriculaires électroniques traditionnelles répondant au standard ISO et celle d'un prototype muni d'un algorithme «anti-collision» lors du passage d'un système d'antenne fixe.

Le but d'un tel système est d'isoler et de saisir électroniquement un porc à l'engrais dans un groupe, pour traiter ses données (exploitation d'origine, date de naissance, sexe, génétique, lieux d'élevage et d'engraissement, etc.) de manière rationnelle et le suivre systématiquement de la naissance à l'abattage.

Matériel et méthode

Les transpondeurs à basse fréquence examinés disposaient d'un protocole anti-collision, permettant l'isolement des animaux dans un groupe (transpondeur AC, 125 kHz), ou répondaient aux standard ISO 11784 et

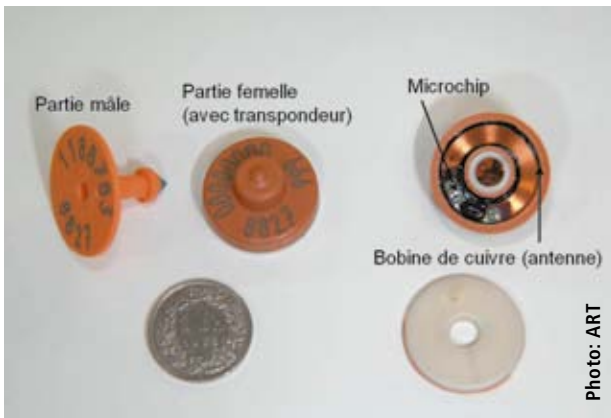


Figure 1 | Partie mâle, partie femelle et transpondeur d'une marque auriculaire ISO

11785 et ne pouvaient traiter les animaux qu'un par un (transpondeur ISO, 134,2 kHz; fig. 1). Ils ont été amenés dans le champ magnétique d'un système d'antenne fixe et identifiés. Différentes variantes ont porté sur le nombre de transpondeurs, leur orientation par rapport au champ de lecture et leur vitesse de passage à travers le champ de lecture de manière à simuler le passage d'un groupe de porcs. Chaque variante caractérisée par les trois paramètres – nombre de transpondeurs, position et vitesse – a fait l'objet de dix passages de mesure. Le taux de lecture (%) a été défini selon la formule encadrée ci-dessous.

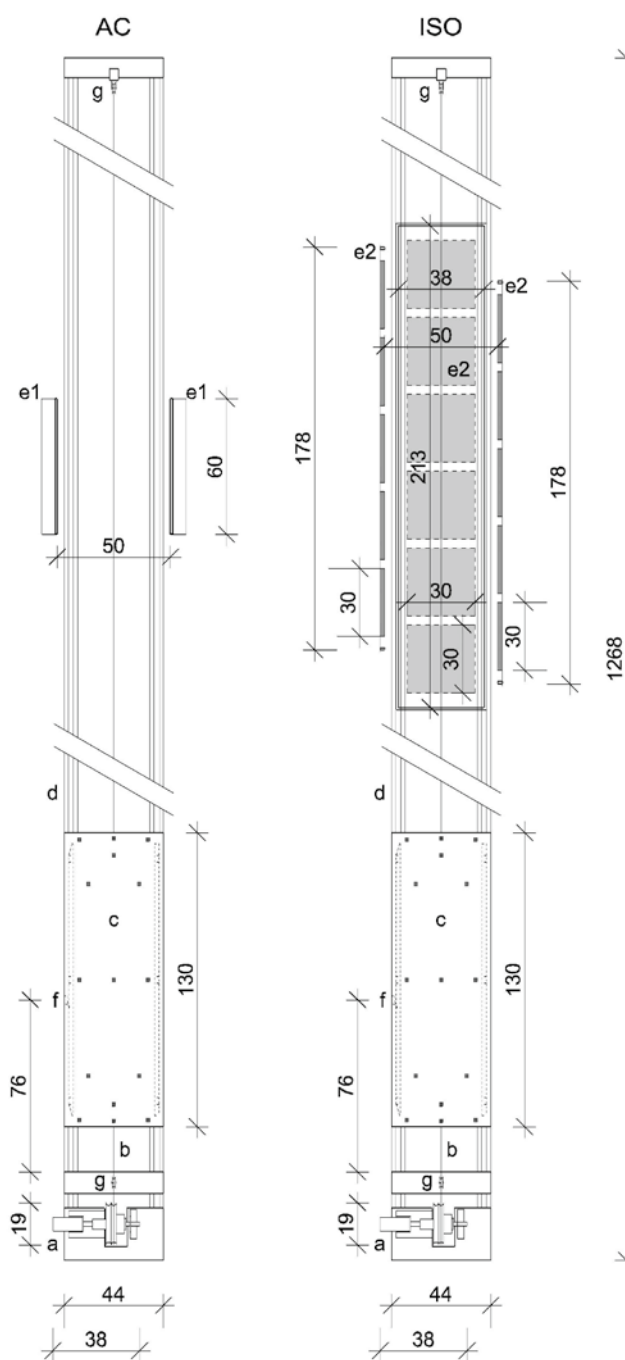
Les transpondeurs AC et ISO ont été fixés sur une plaque en plastique (chariot) et tirés par un câble sur deux rails en bois (fig. 2). Les transpondeurs placés sur le chariot représentaient un groupe de porcs passant ensemble à travers une antenne fixe. Neuf transpondeurs étaient utilisés pour simuler un groupe de porcelets sevrés de 10 kg, quatre pour des porcs d'élevage de 30 kg et deux pour des porcs à l'engrais de 110 kg (fig. 3). Les transpondeurs ont été placés symétriquement sur le chariot de façon à avoir les mêmes conditions pour les mesures dans les deux sens (passage aller et retour sur le banc d'essai).

Les antennes étaient placées à gauche et à droite des rails les unes en face des autres à une distance de 50 cm. Le test des transpondeurs AC a été effectué avec deux antennes verticales. Ces antennes rectangulaires mesuraient 40×60 cm. Trois antennes ont été utilisées pour la

Résumé L'utilisation de dispositifs d'identification électronique chez les animaux de rente permet d'identifier automatiquement les bêtes à l'aide de systèmes d'antennes fixes. La présente étude a testé le système d'identification déjà utilisé dans d'autres branches d'exploitation pour lire les transpondeurs de groupes de porcs à l'engrais. Afin d'évaluer différents systèmes d'antennes, des transpondeurs montés sur une plaque en plastique ont été déplacés sur un banc d'essai conçu de manière à simuler le passage d'un groupe de porcs. Le paramètre prioritaire était la fiabilité d'identification (pourcentage de lecture) des transpondeurs qui traversaient le champ de lecture en nombres différents, dans plusieurs positions et à des vitesses variables. Les appareils utilisés étaient des transpondeurs ISO standard et des transpondeurs avec algorithme anti-collision (transpondeurs AC). Sur la moyenne des variantes testées, la simulation de groupes de porcelets sevrés, de porcs d'élevage et de porcs à l'engrais a permis d'identifier automatiquement entre 43 et 48 % des transpondeurs AC et entre 68 et 85 % des transpondeurs ISO. Une corrélation hautement significative a été mise en évidence entre le taux de lecture et les variables explicatives type de marque auriculaire, direction et vitesse.

Les résultats de lecture pour identifier un animal isolé dans un groupe ont montré le potentiel de cette technique. Toutefois, les pourcentages de lecture n'étant pas assez élevés, cette technique n'est pas encore prête pour une application pratique.

$$\frac{\text{Nombre de transpondeurs lus au moins une fois lors d'un passage de mesure}}{\text{Nombre maximum de transpondeurs lisibles}} \times 100 = \text{taux de lecture}$$



Légende:

- a - moteur avec rouleau d'entraînement
- b - câble de traction
- c - double plaque en plastique
- d - bois équarri avec rainures fraisées
- e1 - antennes AC
- e2 - antennes ISO
- f - interrupteur du frein à moteur
- g - poulie de renvoi

Figure 2 | Représentation schématique du banc d'essai avec antennes ISO et antennes anti-collision (AC) [cm].

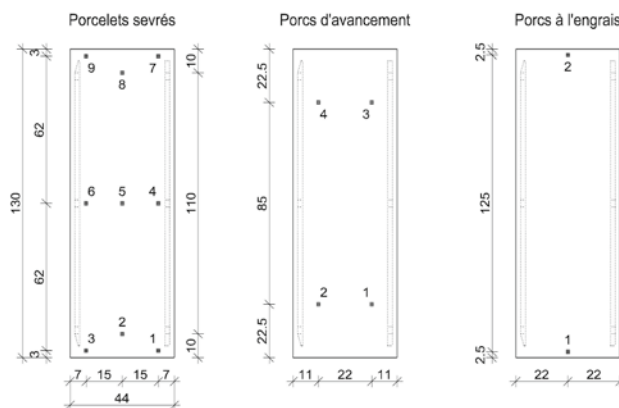


Figure 3 | Position des transpondeurs sur le chariot (1 à 9 max.) lors de la simulation du passage des porcs [cm].

lecture des transpondeurs ISO. Comme dans la variante transpondeurs AC, deux antennes ISO ont été disposées verticalement. Leur réseau plastique rectangulaire mesurait environ 40 x 180 cm. La troisième antenne ISO était posée à plat sur le sol dans le sens de la longueur. Elle comportait six nœuds de réception et mesurait 40 x 215 cm.

Le chariot faisait passer les transpondeurs à travers le champ de lecture à mi-hauteur des antennes pour simuler la masse corporelle des groupes d'animaux. Celle-ci était déterminée par la hauteur de l'oreille du porc ou plutôt de la marque auriculaire par rapport au sol.

Les transpondeurs ont été testés dans des positions différentes par rapport au champ magnétique des antennes fixes (fig. 4). Dans la position de base, l'angle du support en plastique (orientation 1 et 2) était tourné vers l'avant à l'aller. Il a été admis que la marque auriculaire, suivant la forme de l'oreille (oreille dressée ou oreille pendante), le port de tête et les conditions du passage (p. ex. vitesse) peut prendre au minimum les sept positions suivantes (1 à 7):

- 1 = transpondeur horizontal
- 2 = transpondeur incliné de 45 degrés vers l'avant
- 3 = support tourné de 45 degrés vers la droite, transpondeur incliné de 45 degrés vers l'avant
- 4 = support tourné de 90 degrés vers la droite, transpondeur incliné de 45 degrés vers l'avant
- 5 = support tourné de 90 degrés vers la droite, transpondeur vertical, perpendiculaire par rapport au sens de la marche
- 6 = support tourné de 135 degrés vers la droite, transpondeur vertical
- 7 = support tourné de 180 degrés, transpondeur vertical, en longueur par rapport au sens de la marche.

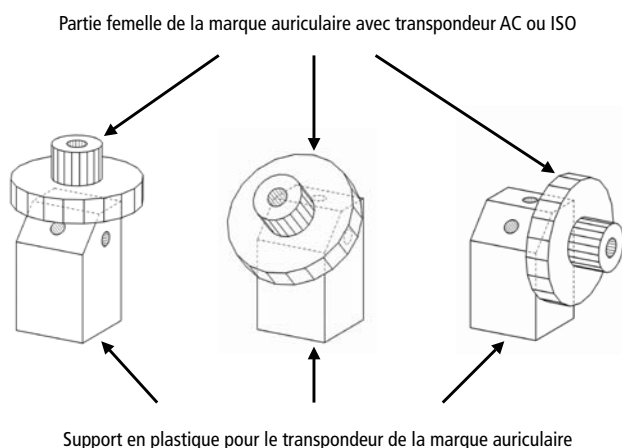


Figure 4 | Support en plastique avec transpondeur anti-collision (AC) ou ISO (à gauche: position 1, au centre: disposition pour les orientations 2, 3 et 4, à droite: disposition pour les orientations 5, 6 et 7).

Les vitesses de traction du chariot et de passage des transpondeurs dans le champ de lecture étaient réglables en continu par la tension générée par un moteur électrique. La lisibilité des transpondeurs a été testée à cinq vitesses différentes:

- a = 0,5 m/s
- b = 1,0 m/s
- c = 1,5 m/s
- d = 2,0 m/s
- e = 3,0 m/s.

Dans un modèle linéaire à effets mixtes (Pinheiro et Bates 2000), le pourcentage de lecture des marques auriculaires (variable cible) a été décrit à l'aide de quatre paramètres variables:

le système d'antenne (type de transpondeur)

- le nombre de transpondeurs (animaux)
- l'orientation des transpondeurs
- la vitesse à laquelle les transpondeurs passent le champ de lecture.

Les hypothèses du modèle ont été vérifiées à l'aide d'une analyse graphique des résidus. Le niveau de signification a été fixé à 5 %.

Résultats

Entre les trois groupes d'animaux testés (porcelets sevrés, porcs d'élevage et porcs à l'engrais), le pourcentage de lecture du système d'antenne avec transpondeurs AC a varié de 43 à 48 %, soit nettement en dessous des variantes avec antennes ISO (68–85 %; tabl. 1).

Le taux de lecture a été de loin le plus bas lorsque le transpondeur était en position horizontale (tabl. 2). Dans le cas des transpondeurs AC, 150 passages ont eu lieu sans qu'aucun transpondeur ne soit lu. Dans les variantes avec système ISO, seuls quelques transpondeurs isolés ont été reconnus, et ceci uniquement dans le groupe des porcelets sevrés. Quels que soient le groupe d'animaux et le modèle de transpondeur (AC ou ISO), ce sont les positions six et sept qui ont fourni les meilleurs résultats: avec les transpondeurs AC, le pourcentage de lecture était de 77 et 80 %; avec le système ISO, 95 et 98 % des transpondeurs ont été identifiés. La position deux est celle où les différences les plus importantes ont été relevées entre les transpondeurs AC et ISO. Dans le système AC, le pourcentage de lecture était de 6 %, contre 59 % dans le système ISO.

L'influence de la vitesse s'est avérée nettement plus importante dans le cas des transpondeurs AC que des transpondeurs ISO (tabl. 3). Avec les transpondeurs AC, ➤

Tableau 1 | Pourcentage de lecture des systèmes d'antennes fixes lors de la simulation du passage des porcs

Systèmes d'antennes	Transpondeurs [n]	Poids des animaux (simulé) [kg]	Variantes [n]	Répétitions [n]	Pourcentage de lecture [%]		
					min.	max.	Ø
AC	9	10	35	10	0	100	46
	4	30	35	10	0	100	43
	2	110	35	10	0	100	48
ISO	9	10	35	10	2	100	68
	4	30	35	10	0	100	85
	2	110	35	10	0	100	73

Tableau 2 | Pourcentage de lecture des transpondeurs anti-collision (AC) ou ISO dans sept positions différentes lors de la simulation du passage des porcs

Systèmes d'antennes	Groupe d'animaux (simulé)	Pourcentage de lecture [%]							Moyenne
		Position des transpondeurs							
		1	2	3	4	5	6	7	
AC	Porcelets sevrés	0,0	15,6	58,7	72,9	28,9	70,0	77,6	46,2
	Porcs d'élevage	0,0	1,5	65,0	66,5	25,5	73,0	71,0	43,2
	Porcs à l'engrais	0,0	0,0	74,0	85,0	0,0	89,0	90,0	48,3
	Moyenne	0,0	5,7	65,9	74,8	18,1	77,3	79,5	45,9
ISO	Porcelets sevrés	4,2	66,7	76,0	72,7	77,1	85,1	92,7	67,8
	Porcs d'élevage	0,0	95,5	100,0	100,0	97,0	100,0	100,0	84,6
	Porcs à l'engrais	0,0	15,0	100,0	100,0	97,0	100,0	100,0	73,1
	Moyenne	1,4	59,1	92,0	90,9	90,4	95,0	97,6	75,2

Position des transpondeurs:

1 = transpondeur horizontal 2 = transpondeur incliné de 45° vers l'avant 3 = support tourné de 45° vers la droite, transpondeur incliné de 45° vers l'avant
 4 = support tourné de 90° vers la droite, transpondeur incliné de 45° vers l'avant 5 = support tourné de 90° vers la droite, transpondeur vertical, perpendiculaire par rapport au sens de la marche 6 = support tourné de 135° vers la droite, transpondeur vertical 7 = support tourné de 180°, transpondeur vertical, en longueur par rapport au sens de la marche

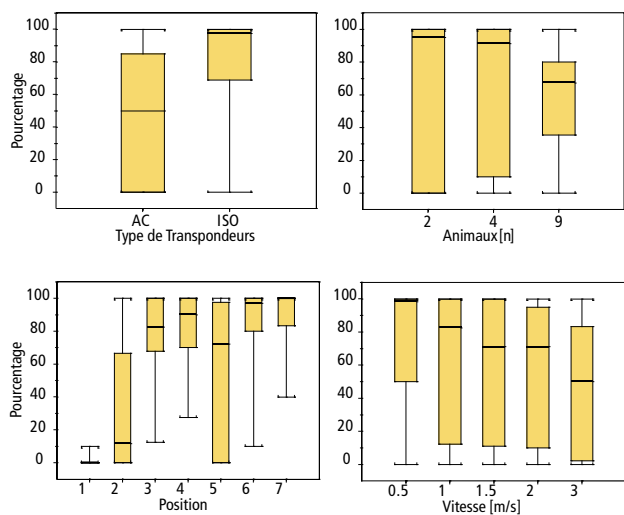


Figure 5 | Pourcentage de lecture des marques auriculaires en fonction des paramètres type de transpondeur auriculaire, animaux, position et vitesse, représenté sous forme de boxplots (minimum, quartile inférieur, médiane, quartile supérieur, maximum).

indépendamment de leur position, le taux de lecture en moyenne des trois groupes d'animaux oscillait entre 26 (3 m/s) et 65 % (0,5 m/s). Avec les transpondeurs ISO, les valeurs allaient de 73 (3 m/s) à 78 % (0,5 m/s). Le pourcentage de lecture augmentait plus les transpondeurs traversaient le champ de lecture lentement, pour atteindre son maximum avec une vitesse de 0,5 m/s. Le taux le plus bas a été obtenu avec une vitesse de 3 m/s.

Evaluation statistique

Les résultats du modèle linéaire à effets mixtes avec la variable cible «pourcentage de lecture des marques auriculaires» lors de la simulation du passage des porcs en groupe ont été obtenus à partir d'un total de 210 variantes (deux types de transpondeurs * trois catégories d'âges (animaux) * sept positions * cinq vitesses; tabl. 4). Le type de transpondeur, la position des transpondeurs et la vitesse à laquelle les transpondeurs sont passés dans le champ de lecture étaient hautement significatives ($p < 0,0001$). Le paramètre «animaux», symbolisé par le nombre de transpondeurs sur le chariot-test, n'était pas significatif ($p = 0,1381$).

La figure 5 se compose de quatre boxplots, chacun présentant le taux de lecture mis en relation avec un paramètre variable. Ils illustrent le résultat de l'analyse statistique. Les distances entre les interquartiles et les médianes varient parfois considérablement dans les boxplots. Le meilleur classement du transpondeur ISO décrit dans les résultats avec un pourcentage de lecture plus élevé dans l'ensemble apparaît également dans le boxplot «type de marque auriculaire».

Le boxplot «position» met en évidence le rapport très net entre le pourcentage de lecture des marques auriculaires et la position du transpondeur (fig. 5). Très peu de transpondeurs ont été identifiés dans la position 1 (10% maximum), tandis que le taux de lecture était nettement plus élevé dans toutes les autres positions. Avec les quatre meilleures d'entre elles (3, 4, 6, 7), la médiane a atteint 80 à 100 %, l'interquartile était compris au moins entre 65 et 100 %.

Tableau 3 | Pourcentage de lecture des transpondeurs anti-collision (AC) ou ISO à cinq vitesses différentes lors de la simulation du passage des porcs

Systèmes d'antennes	Groupe d'animaux (simulé)	Pourcentage de lecture [%]					
		Vitesse [m/s]					Moyenne
		0,5	1	1,5	2	3	
AC	Porcelets sevrés	69,2	51,7	38,7	41,7	29,7	46,2
	Porcs d'élevage	69,3	54,6	36,1	37,1	18,9	43,2
	Porcs à l'engrais	56,4	54,3	55,0	47,1	28,6	48,3
	Moyenne	65,0	53,6	43,3	42,0	25,7	45,9
ISO	Porcelets sevrés	74,1	69,7	67,5	64,9	62,7	67,8
	Porcs d'élevage	85,7	85,4	85,7	83,6	82,9	84,6
	Porcs à l'engrais	73,6	72,1	73,6	72,9	73,6	73,1
	Moyenne	77,8	75,7	75,6	73,8	73,0	75,2

Le boxplot «vitesse» montre l'influence de la durée de séjour du transpondeur dans le champ de lecture sur le pourcentage de lecture (fig. 5). A la vitesse la plus basse (0,5 m/s), l'interquartile oscille entre 50 et 100 %. Plus la vitesse augmente, plus le quartile inférieur baisse jusqu'à atteindre pratiquement 0 %.

Discussion

En principe, la position optimale des antennes est une condition indispensable pour obtenir le meilleur champ de lecture magnétique possible. La probabilité qu'un transpondeur soit lu lorsqu'il passe dans le champ de lecture dépend en outre de plusieurs paramètres, dont les principaux sont:

- le système d'antenne (type de transpondeur)
- la distance entre le transpondeur et l'antenne, plus le nombre d'antennes

- la position du transpondeur par rapport à l'antenne
- la vitesse à laquelle le transpondeur passe dans le champ de lecture.

Distance entre le transpondeur et l'antenne

La portée de lecture détermine la distance maximale entre l'antenne et le transpondeur pour que l'animal puisse être identifié lorsqu'il passe l'antenne. La distance entre le transpondeur et l'antenne du système de lecture fixe est en étroite relation avec la taille des animaux et la largeur du passage qu'ils doivent traverser.

Position du transpondeur par rapport à l'antenne

La position du transpondeur par rapport aux lignes du champ magnétique est décisive pour que le transpondeur puisse être activé et finalement identifié. L'alimentation en énergie de la bobine de cuivre du transpondeur est idéale lorsque ce dernier est placé verticalement >

Tableau 4 | Critères de l'évaluation statistique des systèmes d'antennes fixes lors de la simulation du passage des porcs avec la cible «pourcentage de lecture» et les paramètres variables «types de transpondeur, animaux, position et vitesse»

Paramètre variable	Degré de liberté [n]	DG résiduels [n]	Valeur F	Valeur p
Type de transpondeur	1	196	106,98	< 0,0001
Animaux	2	196	2,00	0,1381
Position	6	196	79,52	< 0,0001
Vitesse	4	196	6,67	< 0,0001

par rapport aux lignes de champ. Les conséquences d'une position «suboptimale» du transpondeur dans le champ de lecture transparaissent très bien dans les résultats de la simulation.

La position du transpondeur a une très grande influence sur le pourcentage de lecture. Les transpondeurs fixés horizontalement sur le chariot n'ont été identifiés que sur très peu de trajets de mesure à cause de leur position défavorable par rapport aux lignes du champ magnétique. Les 50 trajets de mesure où les transpondeurs étaient dans cette position et pour lesquels pratiquement aucune lecture n'a été enregistrée, se répercutent sur le résultat final. Cependant, comme les animaux modifient la position du transpondeur en bougeant, la probabilité d'une lecture lors de leur passage en réalité est plus élevée.

Vitesse du transpondeur à travers le champ de lecture

Plus l'animal se tient longtemps dans le champ de lecture du système d'antenne fixe, plus il est probable que son transpondeur soit identifié. Il existe plusieurs mesures pour maximiser la durée de séjour d'un transpondeur dans le champ de lecture. Un rabattage défensif, des obstacles dans le passage ou l'obscurité réduisent la vitesse des porcs. Pour traverser un champ de lecture long, les animaux ont besoin de plus de temps que pour traverser un champ de lecture court.

Plus la vitesse de passage augmente, moins il est probable que tous les transpondeurs d'un groupe puissent être identifiés. C'est la preuve que la longueur du champ de lecture exerce une influence prépondérante. Le temps passé par un transpondeur AC dans le champ de lecture était inférieur d'un tiers par rapport aux transpondeurs ISO. Dans des conditions similaires, les transpondeurs AC n'avaient pas assez de temps pour se charger et donc être lus.

Système d'antenne et type de transpondeur

Les résultats différents entre les types de transpondeurs AC et ISO s'expliquent d'une part par les différents types d'antennes ou de transpondeurs et d'autre part par la durée de séjour variable des types de transpondeurs dans le champ de lecture. Un test avec des antennes AC et un champ de lecture plus long (trois antennes au lieu d'une) pourrait clarifier la question.

En outre, le nombre de transpondeurs qui se trouvent au même moment dans le champ de lecture a également un impact sur le taux de lecture.

Conclusions

- Les résultats des essais sur les systèmes d'antennes fixes et les marques auriculaires électroniques remettent une fois de plus en question la fiabilité d'un système d'identification des porcs à l'aide de marques auriculaires électroniques dans la pratique.
- Les animaux portant une marque électronique peuvent être identifiés automatiquement au sein d'un groupe à l'aide de cette technologie. Bien que les résultats ne soient pas encore satisfaisants en termes de pourcentage de lecture, ils montrent néanmoins le potentiel que recèle cette technique.
- D'autres essais devront servir à l'amélioration du pourcentage de lecture. Le but doit être de créer une situation dans laquelle les animaux d'un groupe passent sans stress l'antenne fixe, c'est-à-dire sans obstacle visible. ■

Abréviations

AC	anti-collision
ISO	International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)
kHz	kilohertz
m/s	mètre par seconde
valeur p	valeur statistique
RFID	identification par radio-fréquence

Riassunto**Sistemi ad antenna fissa RFID per l'identificazione remota di suini**

L'impiego di un'etichetta elettronica (tag o trasponder) per il bestiame da reddito agricolo consente d'identificare automaticamente gli animali attraverso un'antenna fissa. Nello studio in oggetto il sistema d'identificazione che consente di leggere contemporaneamente più trasponder, già impiegato in altri settori economici, è stato testato sui suini da ingrasso. Per valutare i diversi sistemi, è stata simulata l'attività di un gruppo di suini facendo muovere, mediante un carrello appositamente concepito, i trasponder montati su un supporto di plastica. Ci si è concentrati sulla percentuale di lettura (*read rate*) dei trasponder in movimento in numero, direzione e velocità variabile nel campo di lettura. Oltre a trasponder standard (ISO) ne sono stati utilizzati anche altri con algoritmo anticollisione (trasponder AC). Nella media delle varianti testate, nella simulazione di un gruppo di suinetti svezzati, suinetti da allevamento e suini da ingrasso, è stato possibile identificare il 43–48 per cento dei trasponder AC e il 68–85 per cento di quelli ISO. Le variabili interpretative relative a tipo di marche auricolari, direzione e velocità sono correlate in maniera estremamente significativa alla percentuale di lettura. I risultati della lettura dei singoli animali del gruppo mostrano il potenziale di questa tecnica, che tuttavia, data la percentuale di lettura non sufficientemente alta, non è ancora pronta per essere applicata nella pratica.

Bibliographie

- Finkenzeller K., 2006. RFID-Handbuch – Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. Carl Hanser Verlag, München Wien, 490 p.
- Pinheiro J. C. & Bates D. M., 2000. Mixed-Effect Models in S-Plus. Springer, New York, 528 p.

Summary**Stationary RFID Antenna Systems for Pigs Identification**

The use of an electronic labelling system for livestock enables the animals to be automatically identified with stationary antenna systems. In the present study, the recognition system for reading individual transponders from a group (bulk reading), already in use in other industrial sectors, was tested with fattening pigs. To evaluate different antenna systems, transponders mounted on a plastic plate were moved by a newly developed test bench and simulated the movement of a group of pigs. The focus was on the identification certainty (read rate) of the transponders guided through the reading field in different numbers, direction and speed. In addition to standardised (ISO) transponders, others with an anti-collision algorithm (AC transponders) were also used. On average for the variants tested, 43 to 48 % of the AC transponders and 68 to 85 % of the ISO transponders were automatically identified in the simulation of a group of weaners, rearing piglets and fattening pigs. A very highly significant correlation with the read rate was determined for the explanatory variables of ear-tag type, direction and speed. The results for reading individual animals from the group highlighted the potential of this technique. Owing to insufficiently high read rates, however, it is not yet ready to be used in practice.

Key words: electronic ear tags, low-frequency transponder, stationary antenna systems, radiofrequency identification, pigs.